

**INSTALLATION DE CAPTEURS INTELLIGENTS  
POUR L'ACQUISITION A HAUT DEBIT,  
DE DONNEES VIA LE RESEAU ETHERNET**

5           La présente invention concerne le domaine technique de la transmission à haut débit de données d'acquisition par un réseau Ethernet.

          L'objet de l'invention vise plus précisément la mise en œuvre d'un et d'une manière préférée, de plusieurs capteurs à caractère intelligent, intégrés chacun comme un simple nœud sur le réseau Ethernet.

10           Dans de nombreuses applications, il apparaît le besoin de transmettre à distance des données de mesure réalisées par un ou plusieurs capteur(s) localisé(s) en des lieux éloignés. Ainsi, il est connu par exemple, par le document US2003-0036875, un réseau informatique de communication entre plusieurs ordinateurs. L'un au moins des ordinateurs dit maître est relié par un bus à une série de capteurs de mesure de  
15           diverses grandeurs physiques. Une telle architecture permet de transmettre à distance des données de configuration des capteurs de mesure, via un bus de communication spécifique entre l'ordinateur et les capteurs de mesure. Ce document ne décrit pas une technique d'acquisition des données à haut débit qui implique généralement un coût de réalisation élevé, une architecture de mesure relativement figée difficile à  
20           faire évoluer et une lenteur dans la transmission des données acquises.

          Il est connu, par ailleurs, par la publication de POTTER D ED, PIURI V ET  
AL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS :  
« USING ETHERNET FOR INDUSTRIAL I/O AND DATA ACQUISITION »,  
IMTC/99 PROCEEDINGS OF THE 16TH IEEE INSTRUMENTATION AND  
25           MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE ; VENICE, IT, MAY 24 - 26,  
1999, IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY  
CONFERENCE (IMTC), NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 3, 24 mai 1999  
(1999-05-24), pages 1492-1496, XP000871813, d'utiliser le réseau Ethernet pour  
l'acquisition de données, telles que des données de mesure provenant des capteurs.  
30           Toutefois, le réseau Ethernet ne permet pas de corréler le fonctionnement des différents capteurs.

L'objet de la présente invention vise donc à remédier aux inconvénients évoqués ci-dessus, en proposant une installation simple à mettre en œuvre permettant une acquisition à haut débit de données d'acquisition, effectuée par au moins un détecteur.

5 Un autre objet de l'invention est de proposer une installation permettant un accès simplifié au détecteur, ainsi qu'une distribution simplifiée et corrélée des données d'acquisition.

Pour atteindre un tel objectif, l'objet de l'invention concerne une installation pour l'acquisition à haut débit, de données d'acquisition, via le réseau Ethernet à  
10 plusieurs nœuds, dont au moins l'un des nœuds du réseau Ethernet constitue une unité de détection client / serveur comportant au moins un détecteur délivrant des données d'acquisition, caractérisée en ce que chaque unité de détection comporte :

- des moyens d'auto-déclenchement pour une lecture des données d'acquisition de manière que ladite unité de détection puisse fonctionner de  
15 manière autonome,
- des moyens de lecture et de traitement indépendants des autres nœuds,
- des moyens de transmission des données d'acquisition via le réseau, à au moins un autre nœud.
- et une unité d'horloge permettant de corréler entre elles les horloges des  
20 unités de détection, chaque unité d'horloge comportant :
  - des moyens de réception d'un signal d'horloge de synchronisation, généré par une desdites unités et comportant des instructions encodées,
  - des moyens de transmission à l'unité d'horloge émettrice d'un signal de synchronisation, d'un signal d'accusé de réception,
  - 25 • et des moyens de traitement des instructions encodées pour notamment incrémenter un capteur de marquage d'évènements.

Selon une caractéristique avantageuse de réalisation, au moins l'un des nœuds du réseau Ethernet constitue une unité utilisateur client / serveur adaptée pour fournir  
à l'unité de détection, des données de configuration de ladite unité et pour recevoir  
30 des données d'acquisition transmises par l'unité de détection.

Avantageusement, chaque unité de détection comporte :

- un détecteur assurant la conversion d'une grandeur physique en signaux électriques délivrés sur plusieurs voies de sortie,
- un séquenceur comportant des moyens assurant :
  - le séquençage de la lecture des données d'acquisition du détecteur et des données de configuration,
  - le stockage des données d'acquisition et de configuration,
  - l'analyse et le traitement des données d'acquisition du détecteur,
  - l'interface avec un processeur réseau,
- et un processeur réseau Ethernet comportant des moyens assurant :
  - l'interface avec le séquenceur,
  - la réception des données envoyées par l'unité utilisateur pour assurer la configuration du détecteur et du séquenceur,
  - le traitement des données d'acquisition,
  - et l'envoi des données d'acquisition du détecteur, à l'unité utilisateur.

Avantageusement, le séquenceur comporte des moyens assurant :

- un formatage des données d'acquisition du détecteur et des informations découlant du traitement réalisé par l'unité de détection,
- un stockage dans une mémoire, des données d'acquisition traitées et formatées,
- et un marquage temporel du déclenchement de la prise des données.

Selon un exemple préféré de réalisation, le séquenceur est réalisé par un FPGA.

Selon une caractéristique de réalisation, le processeur réseau Ethernet comporte des moyens assurant :

- la récupération des données stockées dans la mémoire par le séquenceur,
- l'analyse et le traitement desdites données,
- un formatage des données traitées,
- et une gestion partagée du traitement des données avec d'autres nœuds du réseau.

Par exemple, le séquenceur assure le stockage des données dans une mémoire interne ou externe au séquenceur.

Selon un exemple préféré de réalisation, le détecteur comporte :

- un capteur sensible possédant une série de voies de sortie,

- un sous-module de lecture des données d'acquisition, contrôlé par le séquenceur et incluant une unité électronique frontale,
- et un sous-module de contrôle piloté par le séquenceur pour configurer et contrôler l'unité électronique frontale.

5 Selon cet exemple de réalisation, l'unité électronique frontale comporte :

- des moyens de lecture des données d'acquisition, des moyens de sélection du mode d'acquisition et des moyens de sélection de la source de déclenchement de l'acquisition,
- des moyens d'amplification et de mise en forme des signaux,
- 10 • et des moyens de réception des paramètres de configuration.

De préférence, le sous-module de contrôle comporte des moyens pour contrôler l'unité électronique frontale et pour contrôler le détecteur.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des  
15 formes de réalisation de l'objet de l'invention.

La fig. 1 est une vue schématique d'un exemple de réalisation d'une installation conforme à l'invention.

La fig. 2 est un diagramme fonctionnel d'une unité de détection conforme à l'invention.

20 Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 1, l'objet de l'invention concerne une installation 1 mettant en œuvre le réseau Ethernet 2 à plusieurs nœuds N. Selon une caractéristique de l'invention, l'un au moins des nœuds N du réseau Ethernet constitue une unité de détection 3 client / serveur comportant au moins un détecteur 4 délivrant des données d'acquisition.

25 Un détecteur 4 est adapté pour mesurer une grandeur physique au sens général. Dans un exemple préféré de réalisation, le détecteur 4 est apte à capter des particules et à créer une quantité de charge correspondant à l'interaction particule – cellule sensible. Le détecteur 4 assure ainsi la conversion d'une grandeur physique en des signaux électriques. Selon un exemple préféré de réalisation, le détecteur 4 délivre  
30 des signaux électriques sur plusieurs voies de sortie, comme cela sera expliqué dans la suite de la description.

Chaque unité de détection 3 comporte également un contrôleur d'acquisition 6 formant la partie électronique d'acquisition intelligente. Ce contrôleur d'acquisition 6 reçoit les signaux électriques du détecteur 4 et possède sa propre adresse IP (Internet Protocole) de manière que le détecteur 4 se trouve relié  
5 directement au réseau Ethernet via le contrôleur d'acquisition intelligent 6.

Selon une caractéristique de l'invention, l'unité de détection 3 comporte des moyens d'auto-déclenchement pour la lecture des données d'acquisition délivrées par le détecteur 4, de manière que l'unité de détection 3 puisse fonctionner de manière autonome. Selon une autre caractéristique de l'invention, le contrôleur  
10 d'acquisition 6 comporte des moyens de lecture et de traitement des données, indépendants des autres nœuds N du réseau Ethernet. En d'autres termes, le contrôleur d'acquisition 6 est apte à assurer un traitement de manière autonome.

Par ailleurs, le contrôleur d'acquisition 6 comporte des moyens de transmission des données d'acquisition via le réseau Ethernet 2 à au moins un autre nœud N. Il est  
15 à noter que le contrôleur d'acquisition 6 remplit toutes les fonctionnalités nécessaires à une acquisition multi-voies à haut débit (pré-traitement et formatage des données, marquage en temps, envoi sur le réseau), au contrôle du fonctionnement du détecteur 4 et au traitement des données.

Ce contrôleur d'acquisition 6 permet également la synchronisation d'un  
20 détecteur 4 avec soit d'autres détecteurs, soit avec une horloge externe pour la construction d'un système complet d'acquisition distribué et synchronisé comme cela sera décrit plus en détail dans la suite de la description.

Le contrôleur d'acquisition 6 est contrôlé via le réseau Ethernet, par une unité utilisateur 10 client / serveur constituant un nœud N du réseau Ethernet 2. Cette unité  
25 utilisateur 10 est adaptée pour fournir à l'unité de détection 3, des données de configuration de ladite unité et pour recevoir les données d'acquisition transmises par l'unité de détection 3.

Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 2, ce contrôleur d'acquisition 6 comporte un séquenceur 13 communiquant avec le détecteur 4 et un processeur  
30 réseau Ethernet 14 relié au réseau Ethernet 2 et au séquenceur 13. Le séquenceur 13 est relié au détecteur 4 par au moins un convertisseur analogique/numérique 15<sub>1</sub> et par au moins un convertisseur numérique/analogique 15<sub>2</sub>.

Conformément à l'invention, le séquenceur 13 comporte des moyens assurant le séquençage de la lecture des données d'acquisition du détecteur 4 et des données de configuration transmises par l'unité utilisateur 10. Le séquenceur 13 comporte des moyens assurant un formatage des données d'acquisition du détecteur 4 et des informations découlant du traitement réalisé par l'unité de détection 3. Le séquenceur 13 comporte également des moyens assurant le stockage des données d'acquisition traitées et formatées, ainsi que des données de configuration. Le stockage de ces données est effectué dans une mémoire 16 interne, ou comme illustré externe au séquenceur 13 et relié au processeur réseau Ethernet 14.

Le séquenceur 13 comporte également des moyens assurant l'interface avec le processeur réseau Ethernet 14. Le processeur réseau Ethernet 14 comporte des moyens assurant l'interface avec le séquenceur 13 et des moyens assurant la récupération des données stockées dans la mémoire 16 par le séquenceur 13.

Avantageusement, le processeur réseau Ethernet 14 comporte des moyens assurant l'analyse et le traitement des données récupérées et un formatage desdites données. Le processeur réseau Ethernet 14 comporte également des moyens permettant l'envoi des données d'acquisition du détecteur 4 à l'unité utilisateur 10. Le processeur réseau Ethernet 14 comporte aussi des moyens de réception des données envoyées par l'unité utilisateur 10, en vue d'assurer la configuration du détecteur 4 et du séquenceur 13.

La description qui suit illustre un exemple de réalisation d'une unité de détection 3 client / serveur. Selon cet exemple de réalisation, le détecteur 4 est un capteur multi-voies sensible aux photons. Un tel détecteur 4 peut être un détecteur de photons multi-pixels, un photo multiplicateur multi-anode (maPMT), des photodiodes hybrides (HPD) ou des photodiodes à avalanches (APD).

Le détecteur 4 comporte également :

- un sous-module de lecture des données d'acquisition, contrôlé par le séquenceur 13 et incluant une unité électronique frontale,
- et un sous-module de contrôle piloté par le séquenceur 13 pour configurer et contrôler l'unité électronique frontale.

L'unité électronique frontale comporte :

- des moyens d'amplification et de mise en forme des signaux délivrés par le détecteur 4 (une voie lente pour des mesures de précision et une voie rapide pour le déclenchement),
  - et des moyens de réception des paramètres de configuration du détecteur 4, (tels
- 5 que les signaux de polarisation ou les registres de configuration et de lecture).

L'unité électronique frontale comporte également :

- des moyens de lecture des données d'acquisition multiplexées de la voie lente et des moyens de conversion analogique - digitale,
  - des moyens de sélection du mode d'acquisition, à savoir calibration, test,
- 10 acquisition mono-canal ou acquisition multi-canal,
- et des moyens de sélection de la source de déclenchement de l'acquisition (déclenchement externe ou auto-déclenchement).

Le sous-module de contrôle, piloté par le séquenceur 13, permet de contrôler :

- l'unité électronique frontale en assurant par exemple l'ajustement des tensions et
- 15 des courants de polarisation, le contrôle des seuils de déclenchement par voie, et le contrôle des signaux de calibration,
- et le détecteur 4, comme le contrôle des tensions de polarisation et d'alimentation.

Le séquenceur 13 comporte des moyens assurant :

- le séquençage de la lecture, permettant la réception et la génération des signaux
- 20 d'horloge, la génération des registres de configuration de lecture, la gestion des entrées / sorties digitales et la gestion des convertisseurs 15<sub>1</sub>, 15<sub>2</sub>,
- le traitement des données, tel que la suppression des zéros, la validation d'événements par des déclencheurs externes,
  - le formatage des données,
- 25 - et l'analyse des données, par exemple, par le calcul rapide de grandeurs associé aux données et pré-sélection des événements.

Selon une variante préférée de réalisation, le séquenceur est réalisé par un FPGA.

- Conformément à l'invention, l'installation 1 permet une acquisition multiple
- 30 distribuée via le réseau Ethernet 2. A cet égard, chaque unité de détection 3 comporte une unité d'horloge 21 permettant de corrélérer entre elles les horloges des unités de détection 3 et de permettre un marquage en temps. L'une des unités de détection 3 ou

l'unité utilisateur 10, dite maître, génère un signal d'horloge de synchronisation comportant des instructions encodées. Chaque unité d'horloge comporte des moyens de réception du signal d'horloge de synchronisation et des moyens de transmission à l'unité d'horloge émettrice du signal de synchronisation, d'un signal d'accusé de  
5 réception. Chaque unité d'horloge comporte également des moyens de traitement des instructions encodées pour notamment incrémenter un capteur de marquage d'événements associés. Une telle incrémentation permet de synchroniser toutes les horloges des différents nœuds de l'acquisition distribuée.

Il ressort de la description qui précède que l'objet de l'invention permet une  
10 acquisition de données de mesure reposant exclusivement sur le réseau Ethernet dans la mesure où aucun bus intermédiaire n'est mis en œuvre. Chacun des nœuds du réseau Ethernet constitué par une unité de détection 10 est contrôlé et lu par une puce Ethernet embarquée par chaque unité de détection visible de manière transparente par le réseau.

15 Par ailleurs, chaque unité utilisateur client / serveur 10 contrôle par un lien Ethernet direct les unités de détection 3 en assurant par exemple, la configuration de l'unité électronique frontale, le contrôle du séquençage et de la numérisation ainsi que le traitement et la transmission des données sur le réseau Ethernet.

Enfin, chaque unité de détection 3 comporte un contrôleur d'acquisition  
20 intelligent 6 possédant sa propre adresse IP tout en étant autonome pour assurer un contrôle lent, le traitement et la lecture des données d'acquisition.

L'architecture proposée par l'invention présente un coût faible, une standardisation liée à celle d'Ethernet, une modularité dans la conception du schéma d'acquisition des données et une flexibilité dans le traitement des données.

25 L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.



## REVENDICATIONS

1 - Installation pour l'acquisition à haut débit, de données d'acquisition, via le réseau Ethernet (2) à plusieurs nœuds (N), dont au moins l'un des nœuds du réseau Ethernet constitue une unité de détection client / serveur (3) comportant au moins un

5 détecteur (4) délivrant des données d'acquisition,

caractérisée en ce que chaque unité de détection (3) comporte :

- des moyens d'auto-déclenchement pour une lecture des données d'acquisition de manière que ladite unité de détection (3) puisse fonctionner de manière autonome,
- 10 - des moyens de lecture et de traitement indépendants des autres nœuds,
- des moyens de transmission des données d'acquisition via le réseau (2), à au moins un autre nœud (N).
- et une unité d'horloge permettant de corrélérer entre elles les horloges des unités de détection, chaque unité d'horloge comportant :
- 15 • des moyens de réception d'un signal d'horloge de synchronisation, généré par une desdites unités et comportant des instructions encodées,
- des moyens de transmission à l'unité d'horloge émettrice d'un signal de synchronisation, d'un signal d'accusé de réception,
- et des moyens de traitement des instructions encodées pour notamment
- 20 incrémenter un capteur de marquage d'évènements.

2 - Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'au moins l'un des nœuds (N) du réseau Ethernet (2) constitue une unité utilisateur client / serveur (10) adaptée pour fournir à l'unité de détection (3), des données de configuration de ladite unité et pour recevoir des données d'acquisition transmises par l'unité de

25 détection (3).

3 - Installation selon les revendications 1 et 2, caractérisée en ce que chaque unité de détection (3) comporte :

- un détecteur (4) assurant la conversion d'une grandeur physique en signaux électriques délivrés sur plusieurs voies de sortie,
- 30 - un séquenceur (13) comportant des moyens assurant :
- le séquençage de la lecture des données d'acquisition du détecteur et des données de configuration,

- le stockage des données d'acquisition et de configuration,
- l'analyse et le traitement des données d'acquisition du détecteur,
- l'interface avec un processeur réseau (2),
- et un processeur réseau Ethernet (14) comportant des moyens assurant :
- 5     • l'interface avec le séquenceur,
- la réception des données envoyées par l'unité utilisateur (10) pour assurer la configuration du détecteur (4) et du séquenceur (13),
- le traitement des données d'acquisition,
- et l'envoi des données d'acquisition du détecteur (4), à l'unité
- 10    utilisateur (10).

4 - Installation selon la revendication 3, caractérisée en ce que le séquenceur (13) comporte des moyens assurant :

- un formatage des données d'acquisition du détecteur (4) et des informations découlant du traitement réalisé par l'unité de détection (3),
- 15    - un stockage dans une mémoire (16), des données d'acquisition traitées et formatées,
- et un marquage temporel du déclenchement de la prise des données.

5 - Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le séquenceur (13) est réalisé par un FPGA.

20    6 - Installation selon les revendications 1 et 3, caractérisée en ce que le processeur réseau Ethernet (14) comporte des moyens assurant :

- la récupération des données stockées dans la mémoire (16) par le séquenceur (13),
- l'analyse et le traitement desdites données,
- 25    - un formatage des données traitées,
- et une gestion partagée du traitement des données avec d'autres nœuds du réseau (2).

7 - Installation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le séquenceur (13) assure le stockage des données dans une mémoire (16) interne ou externe du

30    séquenceur.

8 - Installation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le détecteur (4) comporte :

- un capteur sensible possédant une série de voies de sortie,
  - un sous-module de lecture des données d'acquisition, contrôlé par le séquenceur et incluant une unité électronique frontale,
  - et un sous-module de contrôle piloté par le séquenceur pour configurer et
- 5           contrôler l'unité électronique frontale.

9 - Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que l'unité électronique frontale du sous-module de lecteur comporte :

- des moyens de lecture des données d'acquisition, des moyens de sélection du mode d'acquisition et des moyens de sélection de la source de déclenchement de
- 10 l'acquisition,
- des moyens d'amplification et de mise en forme des signaux,
  - et des moyens de réception des paramètres de configuration.

10 - Installation selon la revendication 8, caractérisée en ce que le sous-module de contrôle comporte des moyens pour contrôler l'unité électronique frontale et pour

15 contrôler le détecteur.

1/1

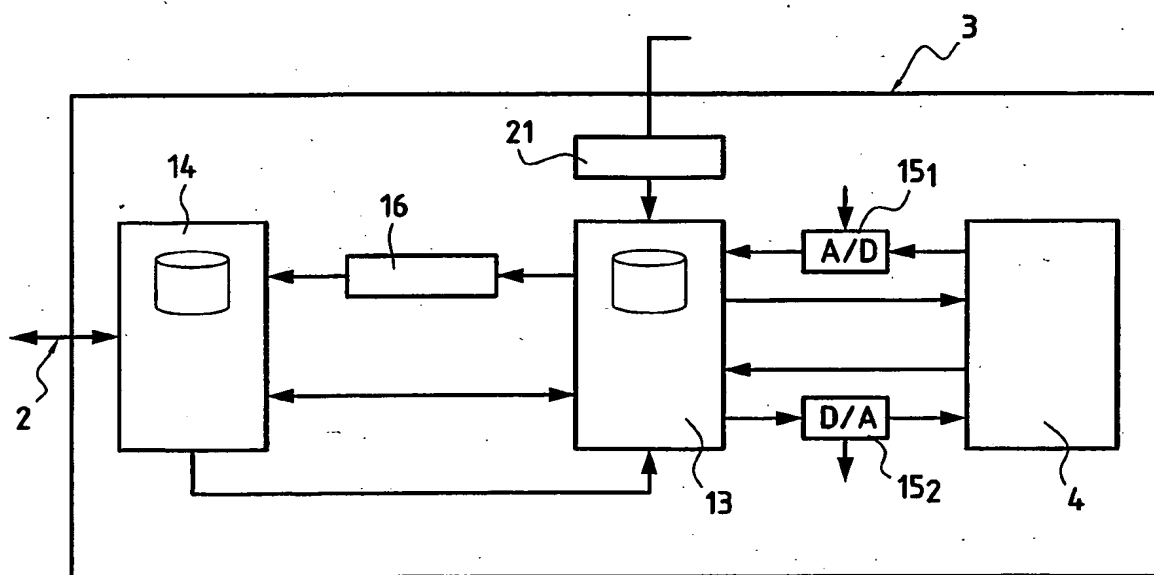
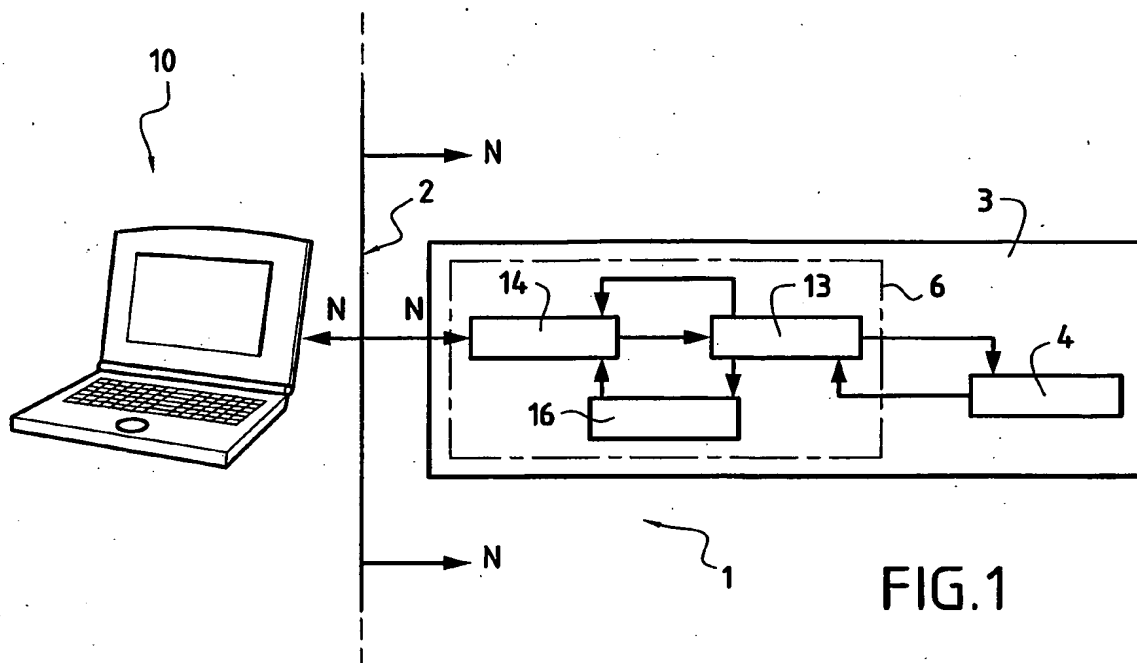


FIG. 2